

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

JAPANESE

BACK

NEXT

2 / 3

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-209851

(43)Date of publication of application : 03.08.1999

(51)Int.Cl. C22C 38/00
C22C 38/48
C22C 38/54

(21)Application number : 10-014442

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD
KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 27.01.1998

(72)Inventor : KAWAI HISATAKA
KADOYA YOSHIKUNI
TAKAHASHI KOJI
UMAGOE RYUTARO
YASUMOTO YASUHIKO
TSUCHIYAMA TOMOHIRO

(54) GAS TURBINE DISK MATERIAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a gas turbine disk material suitable for use at temps. ranging from ordinary temp. to $>500^{\circ}\text{C}$, so far impossible in the case of a gas turbine disk material composed of the conventional 12Cr-type heat resistant steel used for operation at about 400°C because decreases toughness and high temp. creep characteristic occurs under operation at about 500°C .

SOLUTION: This gas turbine disk material has a composition which consists of, by weight, 0.05-0.15% C, $\leq 0.10\%$ Si, $\leq 0.40\%$ Mn, 9.0-12.0% Cr, 1.0-3.5% Ni, 0.50-0.90% Mo, 1.0-2.0% W, 0.10-0.30% V, 0.01-0.10% Nb, 0.01-0.05% N, and the balance Fe with inevitable impurities and in which respective contents of Ni, Mo, and W satisfy the relation of $-1.5\% \leq \text{Mo} + \text{W} / 2 - \text{Ni} \leq 0.5$. By this method, the gas turbine disk material, combining superior toughness with excellent high temp. creep characteristic and suitable for use at higher temps., can be provided.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-209851

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月3日

(51) Int.Cl.⁶

C 2 2 C 38/00
38/48
38/54

識別記号

3 0 2

F I

C 2 2 C 38/00
38/48
38/54

3 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-14442

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月27日

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 河合 久孝

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72) 発明者 角屋 好邦

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(74) 代理人 弁理士 安田 敏雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンディスク材

(57) 【要約】

【課題】 従来の400℃程度の運転に使用される12系Cr系耐熱鋼から成るガスタービンディスク材では、500℃程度の運転下では靱性や高温クリープ特性が低下する。

【解決手段】 重量%でC:0.05~0.15%, Si:0.10%以下, Mn:0.40%以下, Cr:9.0~12.0%, Ni:1.0~3.5%, Mo:0.50~0.90%, W:1.0~2.0%, V:0.10~0.30%, Nb:0.01~0.10%, N:0.01~0.05%を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなり、かつ、 $-1.5\% \leq Mo + W / 2 - Ni \leq 0.5\%$ の関係を満たす。これにより、良好な靱性と優れた高温クリープ特性とを兼備し、より高温での使用に好適なガスタービンディスク材として提供することができる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%でC:0.05~0.15%, Si:0.10%以下, Mn:0.40%以下, Cr:9.0~12.0%, Ni:1.0~3.5%, Mo:0.50~0.90%, W:1.0~2.0%, V:0.10~0.30%, Nb:0.01~0.10%, N:0.01~0.05%を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなり、かつ、Ni, Mo, Wの含有量が、 $-1.5\% \leq Mo+W/2-Ni \leq 0.5\%$ の関係を満たすことを特徴とするガスタービンディスク材。

【請求項2】 さらに重量%でCo:0.01~4.0%, B:0.001~0.010%の一種または二種を含有していることを特徴とする請求項1記載のガスタービンディスク材。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、発電プラントにおける原動機等として使用されるガスタービンに好適なガスタービンディスク材に関するものである。

【0002】

【従来の技術】発電プラントでは、主力発電用の原動機として一般に蒸気タービンが熱経済性の点で広く用いられているが、最近、環境問題の点や良好な運用性の点からガスタービンも広く利用されるようになってきている。このようなガスタービンは常温付近から高負荷状態で起動され運転される。したがって、ガスタービンディスク材としては、常温から高温に至る間での優れた強度及び靱性と共に、高温下での運転で強度の低下の少ない優れた高温クリープ特性を具備することが要求されている。

【0003】このようなガスタービンディスク材として、8~12wt%（以下、wt%を単に%と記す）のCrを含有する12Cr系耐熱鋼、例えばM152（その組成は、後掲する表1中の供試材B1に相当）が使用されている。この種のガスタービンディスク材は、Niを含有させて靱性を確保し、かつ、Crのほか、MoやVなどを含有させて基地組織の固溶強化および各元素の炭化物による分散強化を図って高温クリープ特性を向上させ、400℃程度で運転されるガスタービンに使用されている。

【0004】ところで、近年、発電プラントにおいては、熱効率向上の観点から高温化および高圧化が図られ、このため、500℃を超える高温でも優れたクリープ特性を有するガスタービンディスク材が要望されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記したM152などの従来の高Cr系耐熱鋼では、高温での組織変化が起こり易く、そのため、クリープ強度の低下を生じる。したがって、このような従来のガスタービンディスク材では、常温から500℃を超える温度環境下で運転した場合、発電プラントの信頼性が損なわれるという問題が生じる。

【0006】本発明は、上記のような問題点に鑑みなさ

れたもので、常温から500℃を超える温度での使用に好適なガスタービンディスク材を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決すべく、本発明者らは、12Cr系耐熱鋼の高温クリープ特性および靱性に及ぼす要因を鋭意研究した結果、特定の組成を有する耐熱鋼中に含有されるNiおよびMo, Wの各量の関係が上記の特性に大きく影響していることを新たに知見し、本発明をなすに至った。

【0008】すなわち、本発明のガスタービンディスク材は、重量%でC:0.05~0.15%, Si:0.10%以下, Mn:0.40%以下, Cr:9.0~12.0%, Ni:1.0~3.5%, Mo:0.50~0.90%, W:1.0~2.0%, V:0.10~0.30%, Nb:0.01~0.10%, N:0.01~0.05%を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなり、かつ、Ni, Mo, Wの含有量が、 $-1.5\% \leq Mo+W/2-Ni \leq 0.5\%$ の関係を満たすことを特徴としている。

【0009】また、上記に加えて、さらに、重量%でCo:0.01~4.0%, B:0.001~0.010%の一種または二種を含有していることを特徴としている。

【0010】

【発明の実施の形態】上記のようなガスタービンディスク材は、例えば次に示す方法により製造される。始めに、真空カーボン脱酸法などの脱酸法を利用し、前記した組成に調整して鋼を溶解する。そして、脱酸された溶鋼から適宜の鋳造法により鋼塊を作製する。その後、この鋼塊が所定の形状になるよう熱間鍛造を行う。さらに、この鍛造材をオーステナイト化温度まで加熱した後、油冷するなどの条件で焼入れを行い、ほぼ均一なマルテンサイト組織にする。これに続いて、ダブルテンパー処理など焼戻しを行う。

【0011】ところで、従来のマルテンサイト系耐熱鋼では、例えば鋼を鍛造するときに熱間加工性を著しく低下させるデルタフェライトが生成される場合がある。このデルタフェライトを抑制するために、上記のように化学組成を設定し、さらにNiおよびMo, Wの各量の関係を特定することにより、常温での優れた靱性を備え、かつ、500℃を超える温度まで高強度が維持されると共に、高温下におけるクリープ破断強度やクリープ破断時間などの高温クリープ特性が向上する。

【0012】次に、上記のように化学組成を設定した理由について説明する。Cは、Cr, Nb, V等と結合して高硬度な炭化物を形成すると共に、高温強度に大きな影響を与える元素である。しかし、含有量が0.05wt%未満では、十分な炭化物および均一なマルテンサイト組織を得ることができない。すなわち、マルテンサイトとデルタフェライトなどの混在組織となり、高温強度や高温疲労強度が著しく低下する。一方、0.15wt%を超える含有量では靱性が低下するだけでなく、高温での使用中に炭化

物の凝集粗大化が著しくなり、クリープ破断強度の低下が起こる。従って、C含有量は0.05~0.15wt%とする。

【0013】Siは脱酸剤として使用されるが、0.10wt%を越える含有量では、大型鋼塊中での偏析が激しくなり、更に長時間使用後の靱性が低下する。従って、Si含有量は0.10wt%以下とする。Mnは、Siと同様に脱酸剤として使用されるが、0.40wt%の含有量においてその効果は十分に達成される。また、脆化を助長する元素であるため、含有量は少ないことが望ましい。従って、Mn含有量は0.40wt%以下とする。

【0014】Crは、耐酸化性およびクリープ破断強度を向上させる。しかし、含有量が9.0wt%未満では、十分な耐酸化性およびクリープ破断強度が得られない。一方、12.0wt%を越えて含有されると、クリープ破断強度はあまり低下しないが、デルタフェライトが析出し、靱性および高温疲労特性が低下する。従って、Cr含有量は9.0~12.0wt%とする。

【0015】Niは、焼入性および常温における靱性を向上させ得る元素であるが、ガスタービンディスクのような高強度材で含有量が1.0wt%未満では、このような効果は少なく、また、3.5wt%を越えて含有されると、高温強度およびクリープ破断強度が著しく低下する。従って、Ni含有量は1.0~3.5wt%とする。Moは、固溶体強化および析出強化の両作用により高温強度およびクリープ破断強度を向上させる。しかし、含有量が0.50wt%未満ではその効果は小さく、また、含有量が0.90wt%を越えるとデルタフェライトを生成して、靱性やクリープ破断強度を劣化させる恐れがある。従って、Mo含有量は0.50~0.90wt%とする。

【0016】Wは、高温強度およびクリープ破断強度を向上させる元素である。しかし、含有量が1.0wt%未満ではその効果はあまり大きくない。また、含有量が2.0wt%を越えると、高温特性に害を及ぼすデルタフェライトが析出する恐れがある。従って、W含有量は1.0~2.0wt%とする。Vは、 V_4C_3 として炭化物を形成し、高温強度およびクリープ破断強度を高める元素である。しかし、含有量が0.10wt%未満ではその効果が充分でなく、また、0.30wt%を越える含有量では、長時間使用中に炭化物が凝集粗大化してクリープ破断強度が低下する。従って、V含有量は0.10~0.30wt%とする。

【0017】Nbは、Vと同様に炭化物(NbC)を形成し、高温強度およびクリープ破断強度を高める元素である。しかし、含有量が0.01wt%未満ではその効果が少なく、また、0.10wt%を越える含有量では、1100℃の焼入温度でも炭化物が充分固溶できず、かつ、析出した炭化物がクリープ中に凝集粗大化してクリープ破断強度が低下する。従って、Nb含有量は0.01~0.10wt%とする。

【0018】Nは、高温強度やクリープ破断強度の向上およびデルタフェライトの生成防止に効果を示す元素である。しかし、含有量が0.01wt%未満ではその効果は充

分に現れず、また、0.05wt%を越えて含有されると靱性が低下する。従って、N含有量は0.01~0.05wt%とする。なお、上記の成分のうち、MoおよびWはともに高温クリープ特性を向上させる元素であるが、含有量が多くなるとデルタフェライトが析出し易くなり、靱性が低下する。特に、WよりもMoの方が含有量の増加に伴う靱性の低下が大きく、このため、Moの含有量は前記のように0.9%以下に抑え、その分、Wの添加を添加することによって、高温クリープ特性をより向上させることができる。

【0019】一方、特にNiを含有させることで靱性が向上するが、その量が多くなると、上記のMoやWの添加による高温クリープ特性の向上効果が損なわれる。したがって、これらNi, Mo, Wの含有量(wt%)については、さらに $-1.5\% \leq Mo+W/2-Ni \leq 0.7\%$ の関係を満たすようにすることが必要である。 -1.5 未満の場合はクリープ破断強度が充分でなく、また、0.7を越える場合には充分な靱性が得られない。

【0020】Ni, Mo, Wの含有量を上記のように設定することにより、高温特性と常温靱性のバランスが保たれ、なおかつ、高温特性および常温靱性に悪影響を及ぼすデルタフェライトの生成が抑制される。なお、上記成分を含有させた耐熱鋼は、残部がFeおよび不可避免的に混入した不純物からなる。この不純物としては、P, Sなどが含まれるものの、これらの元素は材質を脆くして衝撃特性に悪影響を及ぼすため、その含有量は極力少ない方が望ましい。

【0021】以上のように化学組成を設定すると共に、特にNi, Mo, Wの各含有量について、 $-1.5\% \leq Mo+W/2-Ni \leq 0.7\%$ の関係を満たすように設定することにより、充分な常温靱性を維持しつつ、デルタフェライトの生成が防止され、500℃を越える高温で長時間のクリープを受けても破断し難く、ガスタービンディスク材としての使用に好適なものとなる。

【0022】一方、上記組成に、前記した範囲のCo, Bの一種または二種をさらに含有させることで、さらに高温クリープ特性を向上させることが可能であるが、この場合の成分範囲の限定理由について説明する。Coは、マトリクスへの炭化物の固溶量を増大させ、Co自身が固溶強化作用を示し、高温強度およびクリープ破断強度の改善に効果のある元素である。しかし、含有量が0.01wt%未満ではその効果は小さく、また、4.0wt%を越えてしまうと、靱性およびクリープ破断強度を低下させてしまう。従って、Co含有量は0.01~4.0wt%とする。

【0023】Bは、高温強度およびクリープ破断強度を高める元素である。しかし、含有量が0.0001wt%未満ではその効果は小さく、また、0.01wt%を越えて含有されると熱間加工性に悪影響を及ぼす。従って、B含有量は0.0001~0.01wt%とする。このような各成分範囲で、C, Co, Bの一種または二種をさらに含有させることで、充

分な常温靱性を維持しつつ、高温クリープ特性がさらに向上した耐熱鋼となり、ガスタービンディスク材として好適に使用することができる。

【0024】

【実施例】以下、本発明を実施例により説明する。

(1) 供試材

供試材として用いた12種類の耐熱鋼の化学組成を表1に示す。このうち、供試材No. A1 ~ No. A8 は本発明に係る化学組成範囲の鋼で、本発明の実施例であり、No. B1 ~ No. B4 は上記の範囲に該当しない組成の比較材である。特に、No. B1 は現用ガスタービンに使用されているM152鋼相当材である。

【0025】これらの供試材を、それぞれ真空溶解法によって1チャージ当たり50~90kgずつ溶解した後、鑄造して鋼塊にした。その後、これらを1200~900℃の温度範囲で鍛伸して110mm×110mm×400mmの鍛造材を作製し、これら鍛造材に次の熱処理を施した。すなわち、1050℃で15時間加熱保持してオーステナイト化を行った後、板厚500mmのディスクを油焼入したときの板の中心部における冷却速度で焼入れを行い、次いで、焼戻しとして550℃で15時間保持を行った後、550~650℃で23時間保持するダブルテンパー処理を行った。

【0026】

【表1】

供試材		化 学 組 成 (wt%)													Mo+W/2-Ni
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	Nb	N	Co	B	Fe	
実 施 例	A1	0.12	0.05	0.05	10.41	2.97	0.70	1.81	0.20	0.056	0.025	—	—	残	-1.36
	A2	0.13	0.05	0.05	10.41	2.96	0.70	1.82	0.20	0.057	0.026	3.68	—	残	-1.35
	A3	0.13	0.05	0.05	10.43	2.95	0.69	1.80	0.20	0.055	0.025	—	0.0040	残	-1.36
	A4	0.13	0.05	0.05	10.55	3.00	0.70	1.81	0.20	0.056	0.025	3.73	0.0039	残	-1.40
	A5	0.12	0.05	0.05	10.61	1.01	0.70	1.82	0.20	0.055	0.026	3.73	0.0042	残	0.60
	A6	0.12	0.05	0.05	10.70	2.03	0.71	1.82	0.20	0.056	0.025	3.73	0.0030	残	-0.41
	A7	0.13	0.05	0.06	10.35	2.37	0.67	1.77	0.20	0.055	0.027	0.11	0.0002	残	-0.82
	A8	0.12	0.05	0.05	10.33	2.47	0.68	1.74	0.20	0.054	0.026	2.47	0.0042	残	-0.92
比 較 例	B1	0.11	0.02	0.03	11.67	2.72	1.73	—	0.30	—	0.028	—	—	残	(-0.99)
	B2	0.12	0.05	0.05	10.12	0.09	0.65	1.71	0.21	0.055	0.026	—	—	残	1.42
	B3	0.12	0.06	0.05	10.20	0.78	0.67	1.80	0.22	0.055	0.026	—	—	残	0.79
	B4	0.11	0.05	0.05	10.15	3.70	0.70	1.81	0.20	0.058	0.026	—	—	残	-2.10

【0027】(2) 特性評価試験

(a) シャルピー衝撃試験

上記各供試材についての靱性を、吸収エネルギーおよび破面遷移温度 (FATT: Fracture Appearance Transition Temperature) をもって評価した。まず、上記各供試材から、JIS4号2mmVノッチシャルピー試験片をそれぞれ採取し、これらに対して試験温度20℃においてシャルピー衝撃試験を行い、室温吸収エネルギー ($_{20}E_{20}$) を求めた。また、試験温度を変えて衝撃試験を行い、各供試材の破面遷移温度 (FATT) を求めた。これらの試験結果は、表2に示す通りである。なお、同表には、20℃での

引張試験で求められた0.2%耐力および引張強さも、併せて付記している。

【0028】(b) 高温クリープ試験

各供試材のクリープ強度を、クリープ破断時間をもって評価した。まず、上記各供試材から、直径6mmの試験片を採取し、この試験片を用いてJIS Z 2272に準じてクリープ破断試験を行った。この試験によって求められた500℃-50kg/mm²でのクリープ破断時間を表2に示している。

【0029】

【表2】

供試材		0.2%耐力 (20℃) [kg/mm ²]	引張強さ (20℃) [kg/mm ²]	吸収エネルギー (20℃) [kgfm]	FATT [°C]	500℃-50kg/mm ² クリープ破断時間 [Hour]
実施例	A1	102.3	118.7	22.5	-60	1520
	A2	103.1	121.9	23.9	-57	2430
	A3	103.9	121.4	26.7	-70	2715
	A4	104.9	125.2	21.0	-70	995
	A5	105.0	125.3	22.0	-20	1450
	A6	105.6	125.7	25.8	-35	808
	A7	108.1	121.7	20.7	-27	2058
	A8	107.6	123.7	16.5	-30	3361
比較例	B1	101.9	114.3	18.0	-35	398
	B2	97.1	115.0	1.6	110	1525
	B3	99.7	116.8	4.2	45	957
	B4	101.2	121.0	26.7	-79	568

【0030】(3) 特性評価結果

まず、現用ディスク材M152鋼相当のNo.B1では、表2の吸収エネルギーおよびFATTの各欄に記載のように、常温付近での靱性には優れるものの、クリープ試験での破断時間は398時間に過ぎない。これに対し、No.A1では、吸収エネルギー、FATTの各特性がNo.B1よりも向上し、しかも、クリープ破断時間が大幅に向上している。このNo.A1の組成をNo.B1と比較したときの主な相違は、Nbの添加と、Moの含有量を減少させ、かつ、Wを添加した点にあり、これらによって、高温クリープ特性の大幅な向上が得られている。

【0031】一方、比較材No.B2～No.B4の組成は、No.A1に対し、主にNiの含有量が相違するものである。これらNo.B2～No.B4および上記したNo.A1の各特性評価結果から、Niの含有量に応じて、常温靱性（吸収エネルギー・FATT）が顕著に向上する反面、その量が過剰になると、No.B4のように、高温クリープ特性が損なわれる。

【0032】したがって、良好な高温クリープ特性と常温靱性とを兼ね備えるためには、このNi含有量と、上記したMo,Wなどの含有量とをバランスさせる必要がある。表1には、Mo,W,Niの各含有量(wt%)に対し、 $Mo+W/2-Ni$ の計算値（以下、Di値という）を付記している。このDi値が0.7を超えるもの（No.B2, No.B3）では靱性が低下し、-1.5よりも小さいもの（No.B4）では高温クリープ特性が低下する。したがって、Mo,W,Niの各含有量の間に、 $-1.5\% \leq Di \leq 0.7\%$ の関係を満たす組成

とすることで、良好な高温クリープ特性と、優れた靱性とを兼ね備えた耐熱鋼を得ることができる。

【0033】一方、表1において、No.A2は、No.A1に対し、さらにCoを添加した点が、また、No.A3はBを添加した点が、No.A4はCoとBとの両者を添加した点が、それぞれ主な相違点である。このように所定量のCoやBをさらに含有させることで、表2に示されているように、No.A1と同等以上の優れた常温靱性が維持され、しかも、高温クリープ特性がさらに向上したものとなっている。

【0034】No.A5, No.A6は、No.A4の組成に対し、Niの含有量をやや少なくし、No.A7, No.A8は、さらにMo,Wの含有量もやや少なくした点が主な相違点である。これらも前記した $-1.5\% \leq Di \leq 0.7\%$ の関係を満足している。この場合、Niの含有量に応じて靱性（FATT）が幾分低下しているが、前記した現用ディスク材M152相当鋼（No.B1）のそれと同等以上の特性が確保され、しかも、高温クリープ特性は、No.B1に比べて格段に優れたものとなっている。

【0035】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明によれば、特にNiを1.0～3.5%、Moを0.50～0.90%、Wを1.0～2.0%含有し、かつ、Ni, MoおよびWの含有量が $-1.5\% \leq Mo+W/2-Ni \leq 0.7\%$ の関係を満たす組成により、良好な靱性と優れた高温クリープ特性とを兼ね備え、これによって、より高温での使用に好適なガスタービンディスク材として提供することができる。

フロントページの続き

(72)発明者 高橋 孝二

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72)発明者 馬越 龍太郎

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72)発明者 保元 康彦

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号

株式会社神戸製鋼所高砂製作所内

(72)発明者 土山 友博

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号

株式会社神戸製鋼所高砂製作所内